

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
18 novembre 2004 (18.11.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/100204 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ : H01J 23/54

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2004/050557

(22) Date de dépôt international : 16 avril 2004 (16.04.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
03 05509 6 mai 2003 (06.05.2003) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
THALES [FR/FR]; 45 RUE DE VILLIERS, F-92526
NEUILLY SUR SEINE (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
BEARZATTO, Claude [FR/FR]; THALES Intellectual Property, 31-33, Avenue Aristide Briand, F-94117
ARCUEIL (FR). PIQUET, Jean-Luc [FR/FR]; THALES
Intellectual Property, 31-33, Avenue Aristide Briand,
F-94117 ARCUEIL (FR). PLARD, Daniel [FR/FR];
THALES Intellectual Property, 31-33, Avenue Aristide
Briand, F-94117 ARCUEIL (FR).

(74) Mandataires : COLLET, Alain etc.; THALES Intellectual Property, 31-33, Avenue Aristide Briand, F-94117 ARCUEIL (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

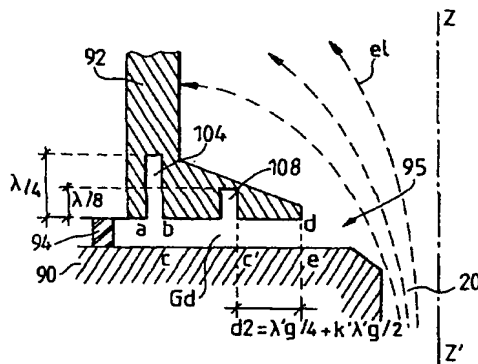
Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: LOW SPURIOUS RADIATION MICROWAVE TUBE

(54) Titre : TUBE HYPERFREQUENCE A FAIBLE RAYONNEMENT PARASITE



(57) Abstract: The invention concerns a microwave tube comprising an electron gun (12) generating an electronic beam (20) in a cylindrical microwave structure (14, 50) of the tube. The microwave structure provides at an output a hyperfrequency wave. A collector (16, 58, 82, 96) of the beam electrons comprising at least one electrode is mechanically connected to the microwave structure through a dielectric (62, 94), the mechanical connection forming a radial guide for propagating the spurious microwave radiation (Pr) of the tube. In order to attenuate the spurious radiation of the tube, the radial guide (Gd) comprises at least one quarter wave microwave having, at least at the tube operating frequency F, an open circuit for the hyperfrequency wave propagated in said radial guide for propagation of spurious radiation. The invention is applicable to microwave tubes, in particular klystrons, travelling-wave tubes and the like.

(57) Abrégé : L'invention concerne un tube hyperfréquence comportant un canon à électrons (12) générant un faisceau d'électrons (20) dans d'une

structure hyperfréquence (14, 50) cylindrique du tube. La structure hyperfréquence fournit à une sortie une onde hyperfréquence. Un collecteur (16, 58, 82, 96) d'électrons du faisceau comportant au moins une électrode est raccordée mécaniquement à la structure hyperfréquence par un diélectrique (62, 94), le raccordement mécanique formant un guide radial de propagation de rayonnements hyperfréquences parasites (Pr) du tube. Pour atténuer les rayonnements parasites du tube, le guide radial (Gd) comporte au moins un piège hyperfréquence quart d'onde présentant, à au moins la fréquence F de fonctionnement du tube, un circuit ouvert pour l'onde hyperfréquence se propageant dans ledit guide radial de propagation 15 de rayonnements parasites. Applications : tubes hyperfréquences, notamment klystrons, TOP.

WO 2004/100204 A2



En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

TUBE HYPERFREQUENCE A FAIBLE RAYONNEMENT PARASITE

L'invention concerne les tubes hyperfréquences notamment les
5 klystrons ou les TOP (tubes à ondes progressives).

La figure 1 représente un schéma simplifié d'un tube électronique hyperfréquences comportant essentiellement trois sous-ensembles principaux un canon à électrons 12, une structure hyperfréquences 14 et un collecteur 16.

10 Le canon à électrons 12 comporte une cathode 18 générant un faisceau d'électrons 20 dans la structure hyperfréquence 14 où s'effectue l'interaction entre le faisceau d'électrons 20 et une onde électromagnétique créée dans la structure hyperfréquence. Plus précisément, le faisceau d'électrons cède une partie de son énergie à l'onde électromagnétique.

15 Le collecteur 16 dissipe thermiquement l'énergie cinétique des électrons du faisceau 20 restant après interaction avec l'onde électromagnétique.

Les électrons émis par la cathode sont accélérés sous une tension V_0 appliquée entre cathode et l'anode du tube et sont caractérisés par un
20 courant I_a .

La structure hyperfréquence est composée de cavités résonnantes et de tubes de glissement dans le cas des klystrons et d'une hélice ou de cavités couplées dans le cas d'un TOP.

La structure hyperfréquence du TOP comporte une fenêtre
25 d'entrée 22, du côté du canon du tube, pour injecter la puissance à amplifier P_e dans la structure et une fenêtre de sortie 24, du côté du collecteur, pour extraire la puissance de sortie P_s amplifiée.

Les gains $G = 10 \log_{10} (P_s/P_e)$ sont de l'ordre de 40 à 50 dB et les rendements d'interaction $\eta_i = P_s/V_0 I_a$ généralement compris entre 30 et
30 60 %. Ces fenêtres d'entrée et de sortie sont des organes en diélectrique, souvent de l'alumine, qui transmettent, presque sans pertes, dans la bande de fréquences de fonctionnement du tube, la puissance hyperfréquence d'entrée P_e , vers l'intérieur de la structure, et la puissance de sortie P_s , vers l'extérieur de la structure, suivant le cas, tout en isolant l'intérieur du tube
35 sous vide (pression résiduelle $\leq 10^{-7}$ Torr) de l'atmosphère extérieure.

Un autre sous-ensemble également essentiel du tube est un circuit magnétique 40 (voir figure 1) entourant la structure hyperfréquence 14 comprenant un électro-aimant ou des aimants permanents associés à des pièces polaires permettant de conduire le flux magnétique au niveau du faisceau d'électrons 20 qui, ainsi, est focalisé c'est-à-dire maintenu à un diamètre petit et sensiblement constant. Ce circuit magnétique est extérieur à l'enceinte à vide du tube sauf parfois certaines pièces polaires.

Une pompe ionique 42, indiquée sur la figure 1, sert à entretenir le vide à l'intérieur du tube ; elle n'est pas toujours nécessaire.

Le collecteur 16 est un cylindre creux, comme indiqué en figure 1. Les électrons du faisceau en bombardent les parois internes 44 du collecteur 16, qui s'échauffent. La chaleur est alors évacuée par les parois extérieures du collecteur qui sont refroidies suivant les densités de puissance considérées par air forcé, par circulation d'eau, par rayonnement.

Le collecteur est au potentiel du corps de la structure 14 du tube, c'est-à-dire de la masse, la cathode étant au potentiel $-V_0$.

Le collecteur 16 peut être directement rapporté sur le corps 14 comme indiqué en figure 1. Le collecteur peut aussi être isolé électriquement du corps, mais relié à ce dernier par une connexion électrique extérieure.

La figure 2 montre une vue partielle d'un TOP comportant une structure hyperfréquence 50 ayant des cavités couplées 52 et un collecteur 58 rapporté sur la structure hyperfréquence 50 isolé électriquement du corps du tube, et notamment d'une pièce polaire supérieure 60, par un isolant annuaire 62. Le faisceau d'électrons 20, en sortie de la structure hyperfréquence, pénètre dans le collecteur 58 par une ouverture 64. Des électrons selon différentes trajectoires 66 sont collectés par les parois internes 68 du collecteur.

Il est souvent nécessaire de mesurer séparément le courant I_b des électrons qui sont interceptés par la structure hyperfréquence et le courant I_{coll} des électrons qui vont jusqu'au collecteur. Ces deux courants sont d'amplitudes très différentes, souvent un rapport I_b/I_{coll} de quelques %, voire de 1 % ou moins.

Pour ce faire, le collecteur est isolé du corps par l'isolant 62 par exemple en céramique, souvent en alumine (voir figure 2). Les figures 3a et 3b représentent schématiquement les connexions électriques des différents

éléments du tube de la figure 1, avec les alimentations AI 70. C'est le corps du tube qui, généralement, est connecté directement à la masse M ou à la terre, et ceci pour des raisons pratiques, car il est relié naturellement à l'installation extérieure par les guides d'ondes d'entrée et de sortie, souvent
5 par l'armature de l'électroaimant, et parfois par les systèmes d'accord des cavités, des sondes thermiques. Les connexions hydrauliques du collecteur, quand elles existent, doivent alors être suffisamment isolantes pour obliger le courant Icoll à ne pas les emprunter comme chemin de retour vers le pôle + de l'alimentation, via la masse.

10 L'isolement du collecteur par rapport au corps se fait grâce à une céramique annulaire 62 (figure 2), ou tout autre isolant, de façon générale, qui joue plusieurs rôles importants :

- isolement électrique entre corps (ou pièce polaire) 60 et collecteur 58 ;
- 15 - étanchéité et maintien du vide à l'intérieur du tube ;
- solidité mécanique pour maintenir fermement le collecteur sur le corps, malgré parfois certaines vibrations provenant du système de refroidissement et malgré les chocs pouvant provenir du transport et de l'installation.

20 Mais cet isolement corps 60-collecteur 58 apparaît, du point de vue des hyperfréquences, comme une véritable ligne radiale, composée elle-même de plusieurs lignes d'impédances différentes Z1, Z2, ... Zi en série.

La figure 4 montre une vue de détail de l'espace Gd de raccordement entre un corps 80 et le collecteur 82 d'un tube hyperfréquence.
25 Cet espace se présente comme une suite de lignes d'impédances Z1, Z2, Z3 en série entre l'intérieur et l'extérieur du tube. La valeur de ces impédances est reliée aux caractéristiques géométriques (h, d...) des lignes et à la présence ou non d'isolant en céramique (ϵ_0 , σ). Nous pouvons faire référence à l'ouvrage « Field and waves in communications electronics de
30 Ramo, Whinnery et al (Ed : John Wiley & Sons) ».

Il en résulte que si de l'énergie électromagnétique est présente à l'entrée Ecl du collecteur, elle peut se coupler à ce guide radial et rayonner vers l'extérieur (Pr).

La présence d'énergie électromagnétique à l'entrée du collecteur
35 peut être due à des fuites de la cavité de sortie (ou de l'hélice), bien que le

tube de glissement la reliant au collecteur soit à la coupure à la fréquence de fonctionnement F et, généralement, à $2.F$. Mais ce tube est souvent trop court permettant alors une transmission par mode évanescent.

Cette énergie électromagnétique peut également provenir d'une
5 des nombreuses résonances du collecteur excitées à F , $2.F$... par le faisceau d'électrons, encore un peu modulé.

En d'autres termes, le guide radial peut ramener au niveau du faisceau d'électrons une impédance Z_{ed} suffisante pour que le faisceau, encore un peu modulé, y cède de l'énergie hyperfréquence, à un niveau
10 faible, non négligeable, qui est alors rayonnée vers l'extérieur via le guide radial entre corps et collecteur.

Or, les spécifications imposent souvent un niveau de fuite hyperfréquence très faible, par exemple $P_r < 0.1 \text{ mw/cm}^2$ à 10 cm de toute surface extérieure du tube.

15 Le problème est donc de minimiser la puissance rayonnée parasite P_r , qui provient de l'entrée du collecteur via l'isolement corps/collecteur, assimilable à un guide radial.

Afin d'atténuer le rayonnement parasite des tubes hyperfréquences de l'état de l'art, l'invention propose un tube hyperfréquence
20 comportant un canon à électrons générant un faisceau d'électrons dans d'une structure hyperfréquence cylindrique du tube, la structure hyperfréquence fournissant à une sortie une onde hyperfréquence, un collecteur d'électrons du faisceau comportant au moins une électrode étant raccordée mécaniquement à la structure hyperfréquence par un diélectrique,
25 le raccordement mécanique formant un guide radial de propagation de rayonnements hyperfréquences parasites du tube, caractérisé en ce que, pour atténuer les rayonnements parasites du tube, le guide radial comporte au moins un piège hyperfréquence quart d'onde présentant, à au moins la fréquence F de fonctionnement du tube, un circuit ouvert pour l'onde
30 hyperfréquence se propageant dans ledit guide radial de propagation de rayonnements parasites.

L'idée est de mettre en œuvre des « pièges $\lambda/4$, au niveau du guide radial apparaissant dans le raccordement mécanique entre le corps du tube contenant la structure hyperfréquence et le collecteur. Ces guides sont

ceux utilisés, par exemple, sur les brides de raccordement des guides d'ondes ou dans le montage d'antennes ou de cristaux détecteurs.

Dans une première réalisation du tube hyperfréquence selon l'invention, le guide radial comporte un piège hyperfréquence à la fréquence
5 F de fonctionnement du tube ayant une rainure cylindrique colinéaire avec l'axe de révolution ZZ' du tube débouchant dans ledit guide radial de raccordement du corps avec le collecteur du tube.

Dans une variante de cette première réalisation du tube hyperfréquences selon l'invention, le guide radial comporte un autre piège
10 hyperfréquences à la fréquence $2.F$ ayant une autre rainure cylindrique colinéaire avec l'axe de révolution ZZ' du tube débouchant dans ledit guide radial de raccordement du corps avec le collecteur du tube.

Il existe un autre type de collecteur qui non seulement est isolé du corps mais aussi composé de plusieurs électrodes, chacune étant portée à
15 un potentiel intermédiaire entre $-V_0$ et la masse. Les potentiels sont alors choisis pour que les électrons soient freinés avant leur impact sur les parois internes et qu'ainsi la puissance thermique dissipée soit la plus réduite possible. Après interaction, la dispersion des vitesses à l'entrée du collecteur est importante : c'est pourquoi on dispose de plusieurs électrodes,
20 chacune ralentissant les électrons occupant telle ou telle partie du spectre de vitesse. Cette technique appelée « collecteurs déprimés » (depressed collectors en anglais) est surtout appliquée aux TOP refroidis par air ou par rayonnement. Elle permet une augmentation notable du rendement par réduction de la puissance dissipée, égale à $V_0 I_0$ sans collecteur déprimé,
25 comme nous l'avons vu précédemment.

L'invention proposée s'applique à tous les types de collecteurs, en particulier, entre les différentes électrodes des collecteurs de type « déprimés », comportant plusieurs électrodes raccordées mécaniquement, chaque raccordement entre deux électrodes consécutives formant un guide
30 radial de propagation de rayonnements hyperfréquences parasites (Pr) du tube, outre le piège hyperfréquence entre le corps et une première électrode, et pour atténuer les rayonnements parasites du tube, le guide radial entre deux électrodes consécutives comporte au moins un piège hyperfréquence quart d'onde présentant, à au moins la fréquence F de
35 fonctionnement du tube, un circuit ouvert pour l'onde hyperfréquence se

propageant dans ledit guide radial de propagation de rayonnements parasites. Mais la présentation qui suit se référera à un collecteur « non déprimé », c'est-à-dire standard, pour un souci de simplification de l'exposé.

L'invention sera mieux comprise à l'aide d'exemples de réalisation

5 selon l'invention, en référence aux dessins indexés dans lesquels :

- la figure 1, déjà décrite représente un schéma simplifié d'un tube électronique hyperfréquences ;

- la figure 2, déjà décrite, montre une vue partielle d'un TOP ;

10 d'alimentation électrique des différents éléments du tube de la figure 1 ;

- la figure 4, déjà décrite, montre une vue de détail de la zone de

- la figure 4, déjà décrite, montre une vue de détail de la zone de raccordement d'un tube hyperfréquences ;

15 hyperfréquences ;

- la figure 5a représente, une vue partielle simplifiée en coupe, de la zone de raccordement entre un corps et un collecteur d'un tube

- la figure 5b montre une première réalisation du piège hyperfréquence d'un tube hyperfréquence selon l'invention ;

- la figure 5c montre une variante du tube hyperfréquences selon l'invention ;

20 - la figure 5d montre une autre variante du tube hyperfréquences selon l'invention ;

- les figures 6 et 7 montrent respectivement des vues partielles de la zone de raccordement entre le corps et le collecteur d'un tube de l'état de l'art sans piège, et d'un tube avec piège suivant l'invention ;

25 - la figure 8a, montre un montage de mesure de la puissance parasite rayonnée dans la zone de couplage entre le corps et le collecteur d'un tube selon l'invention ;

- la figure 8b montre une première mesure dans le cas d'un collecteur comportant deux rainures ;

30 - la figure 8c montre les mêmes mesures mais avec collecteur comportant une seule rainure.

La figure 5a représente, une vue partielle simplifiée en coupe, selon un plan passant par l'axe ZZ' de révolution de la structure hyperfréquences du tube, de la zone de raccordement entre un corps 90 et un collecteur 92 d'un tube hyperfréquences.

35

Le collecteur 92 est raccordé mécaniquement au corps du tube contenant la structure hyperfréquence par un isolant 94. Le faisceau d'électrons 20 en sortie de la structure hyperfréquence pénètre, selon l'axe ZZ', par une ouverture 95 dans le collecteur puis se dissipe thermiquement en frappant les parois internes 96 du collecteur (lignes el).

L'espace Gd entre le corps 90 et le collecteur 92 se comporte, comme cela a été dit précédemment, comme une ligne ou un guide radial hyperfréquences. Cet espace se présente dans la figure 5a comme un volume de forme torique de très faible épaisseur compris entre une face 100 du corps et une face 102 du collecteur écartées par l'isolant 94.

La figure 5b montre une première réalisation de piège hyperfréquence d'un tube hyperfréquence selon l'invention.

Ces pièges sont usinés ou rapportés à la base, ou mieux, usinés dans la base du cylindre du collecteur, dont l'épaisseur, à cet endroit, est souvent suffisante pour recevoir une ou plusieurs rainures coaxiales.

Le collecteur 92 comporte une rainure 104 de forme circulaire au tour de l'axe ZZ' de section rectangulaire et de profondeur égale à $\lambda/4$, la rainure débouchant par un côté, dans le guide radial (espace Gd de la figure 5a), $\lambda = c/F$ étant la longueur d'onde dans la rainure coaxiale à la fréquence de fonctionnement F du tube, la rainure étant à une distance d1 de l'endroit d où débouche le guide radial du côté de l'ouverture interne 95 du collecteur 92, telle que :

$$d1 = (\lambda_g/4 + k \lambda_g/2)$$

- λ_g étant la longueur d'onde dans le guide radial (espace Gd),
 - k étant un nombre nul ou entier ;
 - c étant la vitesse de la lumière dans le milieu considéré, ici, le vide, de façon à créer une impédance infinie, au niveau de la rainure 104, donc, une violente désadaptation qui réfléchit, en grande partie, la puissance hyperfréquence venant de la ligne radiale à la fréquence F.

La puissance transmise, donc rayonnée Pr vers l'extérieur du tube, à travers l'isolant 94 devient alors très petite.

La longueur d'onde λ_g dans le guide radial dépend de la portion considérée du guide, et en particulier, de l'abscisse radiale r par rapport à l'axe ZZ' du tube.

Mais remarquons que les largeurs des guides représentés respectivement par la largeur Ed de la rainure, (distance ab sur la figure 5b) et l'épaisseur Eg du guide radial (distance bc) ne sont infiniment petites devant les longueurs de ces mêmes guides : la position du circuit ouvert « ramené » (impédance infinie) est alors mal définie, et les ondes électromagnétiques peuvent alors franchir partiellement le piège grâce à la présence locale de modes d'ordres supérieurs. Par conséquent, les largeurs Ed et Eg doivent être les plus petites possibles pour avoir le meilleur blocage possible de la puissance parasite rayonnée

Le faisceau d'électrons est modulé non seulement à la fréquence F de fonctionnement du tube mais aussi, dans une moindre mesure, à 2.F et au-delà, étant entendu qu'à 3.F, 4.F... cette modulation est tout à fait négligeable.

La figure 5c montre une variante du tube selon l'invention. Dans cette variante du tube, le collecteur 92 comporte une deuxième rainure 108, comme la première 104, de forme circulaire au tour de l'axe ZZ' de section rectangulaire et de profondeur égale à $\lambda/8$ débouchant de la même façon d'un côté de la rainure dans le guide radial (espace Gd de la figure 5a), la deuxième rainure 108 étant à une distance d2 de l'endroit d où débouche le guide radial du côté de l'ouverture interne 95 du collecteur 92 telle que :

$$d2 = (\lambda'g/4 + k' \cdot \lambda'g/2), \text{ avec } k' \text{ entier,}$$

$\lambda'g$ étant la longueur d'onde dans le guide radial (espace Gd) à la fréquence 2.F (voir figure 5c).

Ainsi, toute puissance à la fréquence 2.F sera également bloquée et ne pourra pas rayonner à l'extérieur du tube.

Nous pouvons remarquer que la ligne radiale entre le « circuit ouvert au niveau de la rainure 104 « bc » et son ouverture « de », à l'entrée 95 du collecteur 92 est le siège d'ondes stationnaires, d'autant plus intenses que l'impédance de couplage Zed entre le corps et le collecteur (voir figure 5a) est proche de l'impédance interne du générateur hyperfréquence équivalent au faisceau modulé en entrée du collecteur.

En d'autres termes, une tension $V_{ed} = Z_{ed} \cdot M \cdot I_f(F)$, avec :

M représentant le couplage faisceau/guide radial,

$I_f(F)$ la composante du courant faisceau à la fréquence F ;

Zed, l'impédance à l'entrée de la ligne radiale est induite à l'entrée de la ligne radiale et du fait de la réflexion presque totale par le circuit ouvert en « bc ». Cette portion de la ligne radiale est le siège d'ondes stationnaires.

A certains endroits des champs importants peuvent donc
 5 apparaître, avec risque de claquage ou de phénomène de multifacteur toujours très bruyants.

En outre, la tension Ved peut être telle qu'elle réfléchisse des électrons vers la structure hyperfréquence produisant alors des modulations et oscillations parasites.

10 La solution donnant lieu aux réalisations, selon l'invention, décrites précédemment est alors que le guide, présente au niveau de son entrée en « ed » une impédance nulle ou très faible valeur (Ved # o).

Ceci justifie la valeur de la distance d1, déjà indiquée précédemment, entre la première rainure 104 du piège et l'entrée « e » du
 15 guide au niveau de l'ouverture 95 du collecteur. Cette longueur d1 ou « ce » dans la figure 5b est telle que le circuit ouvert au niveau de la rainure 104 en « cb » est ramené au niveau de l'entrée du guide, en « de » en un court-circuit.

Rappelons que la longueur « ce » vaut donc :

20 $\lambda_g/4$ (ou $\lambda_g/4 + k.\lambda_g/2$), k étant nul ou entier) avec λ_g , la longueur d'onde dans le guide radial, qui varie suivant le rayon r considéré, $\lambda_g(r)$. Les calculs analytiques de λ_g sont très complexes et les ajustements de longueur et de façon générale les dimensions du piège se font par simulation expérimentale et par ordinateur.

25 Suivant le même raisonnement transposé à la fréquence 2.F, on placera la deuxième rainure 108 à un endroit « c' » du guide, tel que la distance « c'e » (soit d2, voir figure 5c) entre la position « c' » de cette deuxième rainure 108 dans le guide radial et l'entrée « e » du guide soit :

longueur $c'e = \lambda'_g/4$ ou $\lambda'_g/4 + k'.\lambda'_g/2$,

30 avec k' entier et λ'_g longueur d'onde dans le guide radial à la fréquence 2.F.

En résumé, la base du collecteur 92 est usinée, de façon à créer une ou plusieurs rainures ou pièges « quart d'onde » qui ramènent des circuits ouverts fictifs en travers du guide radial formé par l'isolement corps 90 collecteur 92. Ces circuits ouverts fictifs empêchent une grande partie de

la puissance de passer de l'intérieur du tube vers l'extérieur et bloque donc tout rayonnement parasite.

En outre, les positions de ces pièges sont choisies de façon à ce que l'impédance ramenée en « ed », à l'entrée du guide radial, soit nulle aux 5 fréquences considérées, généralement la fréquence de fonctionnement F du tube et 2.F, (distance $ce = \lambda_g/4$ ou $\lambda_g/4 + k \cdot \lambda_g/2$ avec k entier et λ_g longueur d'onde du guide radial à la fréquence F et de la même façon à 2.F avec λ'_g longueur d'onde dans le guide radial à la fréquence 2.F).

Les figures 6 et 7 montrent respectivement des vues partielles de 10 la zone de raccordement entre le corps 110 et le collecteur 112 d'un tube sans pièges hyperfréquences et la même zone de raccordement du tube réalisées selon l'invention comportant deux pièges ayant deux rainures 114, 116 respectivement pour les fréquences F et 2.F.

La longueur des rainures est $\lambda/4$ avec $\lambda = c/F$, ou encore $\lambda/8$, c 15 étant la vitesse de la lumière dans le milieu considéré, c'est-à-dire celui de la rainure. Celui-ci est généralement du vide, mais les rainures peuvent être aussi remplies de diélectrique de constante diélectrique réduite, $\epsilon_r (>1)$. Dans ce cas, λ , ainsi que la longueur des rainures, est réduite dans le rapport de la racine carrée de ϵ_r par rapport au cas où les rainures sont sous vide. On peut alors envisager une réduction de longueur des rainures dans 20 un rapport de trois environ, si on remplit celle-ci d'alumine ($\epsilon_r = 9$).

D'autre part, dans une autre variante du tube hyperfréquence selon l'invention, montrée à la figure 5d, on peut placer l'isolant 62 de la 25 figure 2 ou l'isolant 94 de la figure 5b, c'est-à-dire l'isolant reliant le corps au collecteur (ou reliant deux électrodes d'un collecteur isolé), plus près de l'axe ZZ', de telle sorte qu'une ou plusieurs rainures ne soient plus sous vide, comme dans le cas de la figure 5b, mais dans l'air.

Toute fois, la constante diélectrique de l'air étant pratiquement de celle du vide, cette disposition ne change rien à l'invention, mais en est une variante 30 technologique.

La figure 8a, montre un montage de mesure de la puissance parasite rayonnée dans la zone de raccordement entre le corps et le collecteur d'un tube selon l'invention. Le montage comporte un corps 120 et un collecteur 122 séparés par un isolant 124. Le collecteur comporte une 35 première rainure 126 pour la fréquence F de fonctionnement du tube et une

deuxième rainure 128 pour la fréquence $2.F$, les rainures étant coaxiales à l'axe ZZ' du tube.

Dans le montage de mesure de la figure 8a, la fréquence de fonctionnement est $F = 4900$ MHz, les diamètres intérieurs du corps 120 et du collecteur 122 ont un diamètre D de 33 mm. La distance D_{cc} séparant le corps du collecteur est de 5 mm.

Les positions et dimensions des rainures sont les suivantes :

Première rainure 116 : diamètre $D1 = 105$ mm

profondeur $P1 = 15,3$ mm.

deuxième rainure 116 : diamètre $D2 = 63,7$ mm.

profondeur $P2 = 7,65$ mm.

$D1$ et $D2$ autour de l'axe ZZ' .

Un signal hyperfréquence P_e est injecté par un émetteur 130 au niveau de l'axe ZZ' du tube, dans la zone de couplage corps collecteur, une sonde 132 est placée à l'extérieur du tube au niveau de la zone de raccordement pour mesurer la puissance parasite rayonnée P_r .

Les figures 8b et 8c montrent des courbes d'atténuation $Att.$ en fonction de la fréquence de mesure F_m , entre le signal injecté U_e par l'émetteur dans le montage de mesure de la figure 8a et le signal parasite P_r rayonné par le tube capté par une sonde 132. Soit $Att = P_r/P_e$.

La figure 8b montre une première courbe dans le cas d'un tube ayant un collecteur comportant deux rainures 126, 128, une pour la fréquence F et l'autre pour la fréquence $2.F$. On note une atténuation entre la puissance injectée par l'émetteur 130 et la puissance parasite captée par la sonde 132 d'environ :

-35 dB à la fréquence F

-25 dB à la fréquence $2.F$

La figure 8c montre les mêmes mesures avec le même tube de la figure 8a tube, le collecteur comportant une seule rainure 126 pour piéger la fréquence F .

On note toujours une atténuation d'environ -35dB à la fréquence F mais aucune atténuation à la fréquence $2.F$.

L'invention, outre l'atténuation importante des rayonnements parasites, présente l'avantage d'un démontage aisé du collecteur du corps

du tube, ce qui n'est pas le cas des réalisations des tubes de l'état de l'art utilisant des résines isolantes pour solidariser mécaniquement le collecteur au corps du tube en sortie de la structure hyperfréquences.

REVENDEICATIONS

1. Tube hyperfréquence comportant un canon à électrons (12) générant un faisceau d'électrons (20) dans d'une structure hyperfréquence (14, 50) cylindrique du tube, la structure hyperfréquence fournissant à une sortie une onde hyperfréquence, un collecteur (16, 58, 82, 92) d'électrons du
5 faisceau comportant au moins une électrode étant raccordée mécaniquement à la structure hyperfréquence par un diélectrique (62, 94), le raccordement mécanique formant un guide radial de propagation de rayonnements hyperfréquences parasites (Pr) du tube, caractérisé en ce que, pour atténuer les rayonnements parasites du tube, le guide radial
10 comporte au moins un piège hyperfréquence quart d'onde présentant, à au moins la fréquence F de fonctionnement du tube, un circuit ouvert pour l'onde hyperfréquence se propageant dans ledit guide radial de propagation de rayonnements parasites.
- 15 2. Tube hyperfréquence selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un piège hyperfréquences à la fréquence F de fonctionnement du tube ayant une rainure (104, 114) cylindrique colinéaire avec l'axe de révolution ZZ' du tube débouchant dans ledit guide radial de raccordement du corps (90) avec le collecteur (92) du tube.
- 20 3. Tube hyperfréquence selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comporte un autre piège hyperfréquences à la fréquence 2.F ayant une autre rainure (108, 116) cylindrique colinéaire avec l'axe de révolution ZZ' du tube débouchant dans le guide radial de raccordement du corps avec
25 le collecteur du tube.
4. Tube hyperfréquence selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le collecteur (96) comporte une rainure (104, 114) de forme circulaire au tour de l'axe ZZ' de section rectangulaire et de profondeur
30 égale à $\lambda/4$, la rainure débouchant par un côté, dans le guide radial (Gd), $\lambda = c/F$ étant la longueur d'onde à la fréquence de fonctionnement F du tube, la rainure étant à une distance d1 de l'endroit d où débouche le guide radial du coté de l'ouverture interne (95) du collecteur (92), telle que :

$$d1 = (\lambda g/4 + k \lambda g/2)$$

- λg étant la longueur d'onde dans le guide radial
- k étant un nombre nul ou entier.
- c étant la vitesse de la lumière dans le milieu considéré.

5

5. Tube hyperfréquence selon la revendication 2, caractérisé en ce que le collecteur (92) comporte une deuxième rainure (108, 116), de forme circulaire au tour de l'axe ZZ' de section rectangulaire et de profondeur égale à $\lambda/8$ débouchant d'un côté de la rainure dans le guide radial, la deuxième rainure étant à une distance $d2$ de l'endroit d où débouche le guide radial du côté de l'ouverture interne (95) du collecteur (92) telle que :

10

$$d2 = (\lambda'g/4 + k' \lambda'g/2), \text{ avec } k' \text{ entier,}$$

$\lambda'g$ étant la longueur d'onde dans le guide radial (Gd) à la fréquence 2.F.

15

6. Tube hyperfréquence selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que le guide présente, au niveau de son entrée en « ed », une impédance nulle ou très faible valeur (Ved # o).

20

7. Tube hyperfréquences selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le collecteur est de type « collecteur déprimé » comportant plusieurs électrodes raccordées mécaniquement, chaque raccordement entre deux électrodes consécutives formant un guide radial de propagation de rayonnements hyperfréquences parasites (Pr) du tube, caractérisé en ce que, pour atténuer les rayonnements parasites du tube, le guide radial entre deux électrodes consécutives comporte au moins un piège hyperfréquence quart d'onde présentant, à au moins la fréquence F de fonctionnement du tube, un circuit ouvert pour l'onde hyperfréquence se propageant dans ledit guide radial de propagation de rayonnements parasites.

25

30

8. Tube hyperfréquences selon l'une des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que mais les rainures sont remplies de diélectrique, de constante diélectrique réduite, $\epsilon_r (>1)$, λ , ainsi que la longueur des rainures,

étant réduite dans le rapport de la racine carrée de ϵ_r par rapport au cas où les rainures sont sous vide

9. Tube hyperfréquences selon l'une des revendications 2 à 6,
5 caractérisé en ce qu'une ou plusieurs rainures sont dans l'air.

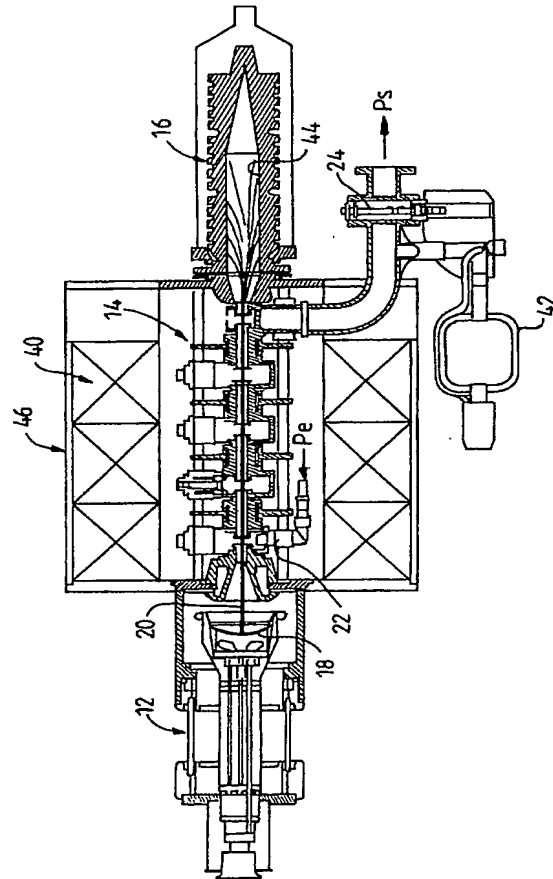


FIG. 1

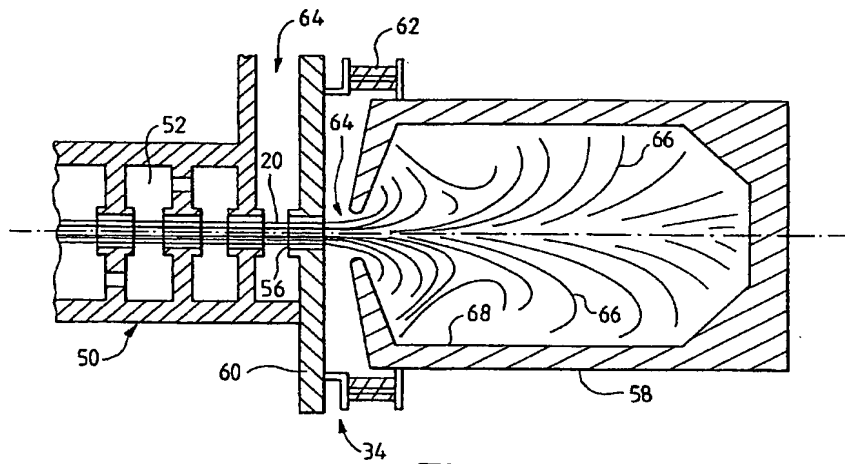


FIG. 2

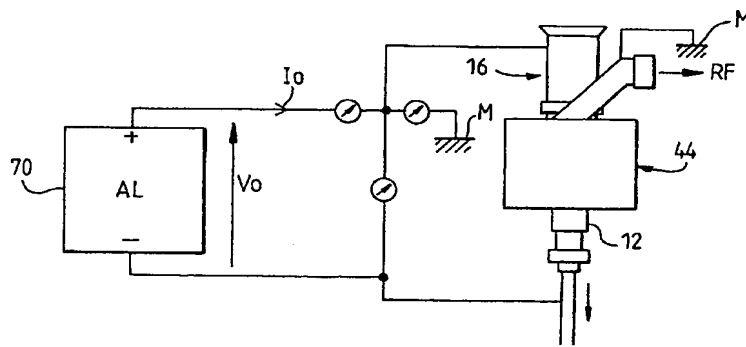


FIG. 3a

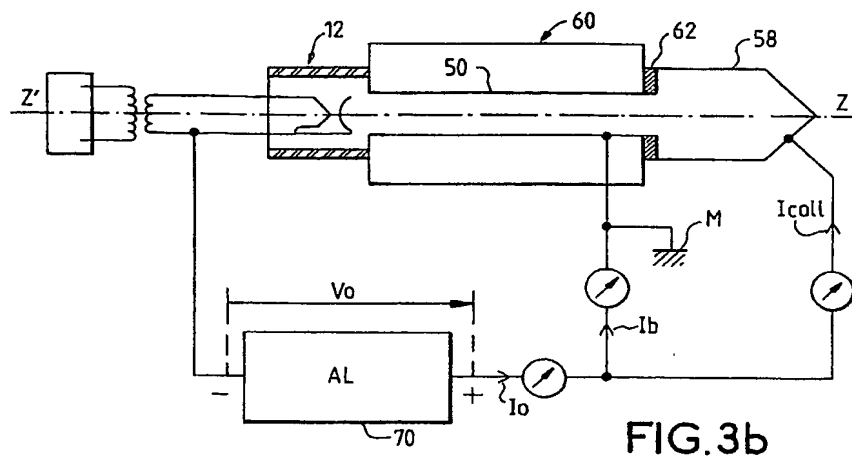


FIG. 3b

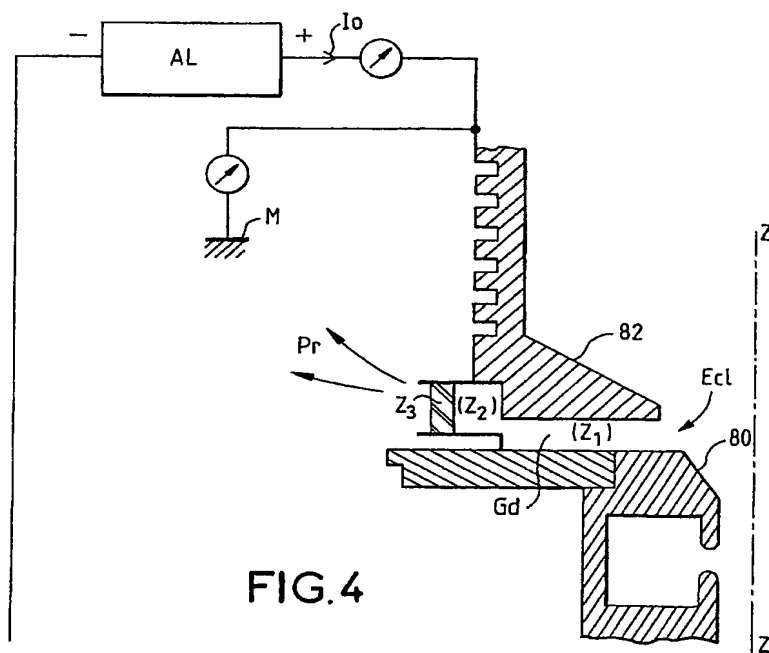
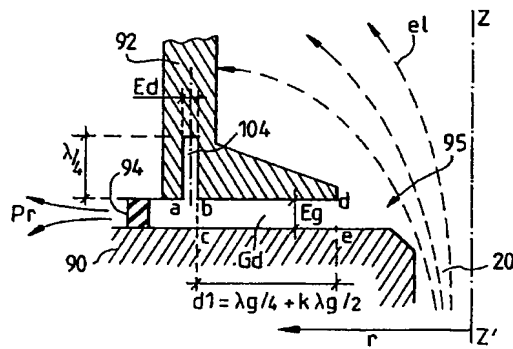
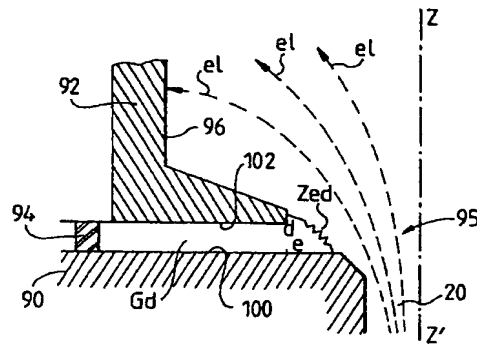
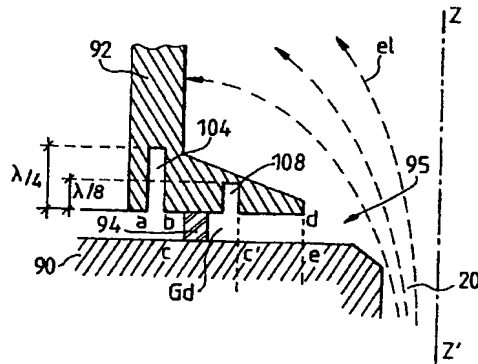
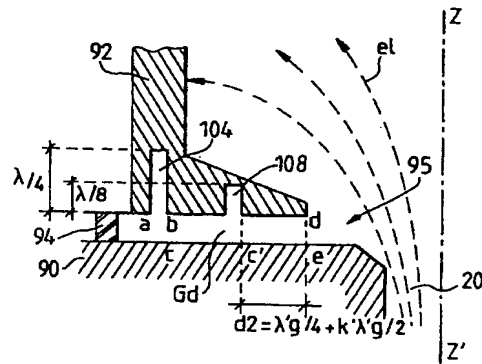


FIG. 4





10/555653

